FSC Fondo per lo Sviluppo e la Coesione

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

REGIONE CALABRIA

Presidenza del Consiglio dei Ministri – Ministro per gli Affari Europei, il Sud, le Politiche di Coesione e il PNRR

MEF Ministero dell'Economia e delle Finanze

MINISTERO DEL TURISMO

Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica

MINISTERO DELL'INTERNO

Agenzia per la Coesione Territoriale

Mims Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili

INVITALIA L'AGENZIA PER LO SVILUPPO

Aggiudicazione servizio di ingegneria a architettura dell'Agenzia nazionale per l'attrazione degli investimenti e lo sviluppo d'impresa S.p.A. "Invitalia" in qualità di CENTRALE DI COMMITTENZA prot. n. 0255738 del 08.09.2023

ENAC ENTE NAZIONALE PER L'AVIAZIONE CIVILE

AEROPORTO CIVILE DI LAMEZIA TERME (CZ)

SACAL Società Aeroportuale Calabrese

REGOLAMENTO (UE) 139/2014 - CERTIFICAZIONE AEROPORTO E REGOLAMENTO (UE) 2015/1998

A.U. - Accountable Manager	**Maintenance Manager**	**CIRCOLARE ENAC APT-16**
Dott. Marco FRANCHINI	Ing. Filippo MALAFARINA	**Post Holder Progettazione** Ing. Stefania RAIMONDO

S.A.CAL. S.p.A. Società Aeroportuale Calabrese

PROGETTAZIONE ESECUTIVA

(Codice Appalti D. Lgs 50/2016)

Progetto: *"Riqualifica della viabilità e delle aree di sosta"* dell'aeroporto di Lamezia Terme - CIS L03.
-CIG: 9906072D35; CUP: H84G22000040009
Contratto Istituzionale di sviluppo *"CIS Volare"*
Ambito di intervento: Trasporti e mobilità sostenibili - Fondi CIS scheda L03
CONTRATTO SIA SACAL prot. n. n. 007/2024/RCA
PSA (Masterplan 2012-2027) approvazione ENAC nota n.107905 del 24.10.2017
ENAC "Scheda A" - L03 - parcheggi e viabilità

PROGETTISTA DELL'OPERA Ing. Andrea Benincasa di Caravacio	Nemesis Ingegneria Srl Via P. Toselli 6 - Torino	Ing. Andrea Benincasa di Caravacio Ing. Cristina Alasia Geom. Salvatore Cipolla Ing. Elisa Cappuccio Ing. Fabio Scicchitano Geom. Juri Salza
GEOLOGI Dott. Geol. Gianluigi Mazzilli - Dott. Geol. Pierluigi Arbore		
COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE Geom. Salvatore Cipolla	Ingegneri Guadagnuolo & Partners Srl Via A. Colavita 19 - Lamezia Terme (CZ)	Ing. Alessandro Guadagnuolo Ing. Luigi Guadagnuolo
BIM MANAGER Arch. Marcella Blasi		
RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Matteo Mastroianni	SIGEA SaS Via Savonarola 9 - Corato (BA)	Dott. Geol. Gianluigi Mazzilli Dott. Geol. Pierluigi Arbore

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI BARI – Dott. Ing. R. ANDREA BENINCASA DI CARAVACIO – N° 732

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA PUGLIA – Dott. Geol. GIANLUIGI MAZZILLI – N° 605

OGGETTO ELABORATO

Approvazione ENAC

RELAZIONE GEOTECNICA

Riferimento Elaborato	Data	Scala	Codice elaborato	Rev.
	GIUGNO 2025	1:10.000/1:1.000	P E T 0 0 E G 0 0 G E T R E 0 1	A

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
A	GIUGNO 2025	PRIMA EMISSIONE	G. MAZZILLI	A. GUADAGNUOLO	A. BENINCASA

INDICE

1 PREMESSA 3

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 4

3 CATEGORIA DEL SUOLO 5

4 ZONA SISMICA 7

5 MODELLO GEOTECNICO 9

6 VERIFICA FONDAZIONE CHECK IN CABIN 10

6.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI 10

6.2 PARAMETRI SISMICI SLV 10

6.3 DATI FONDAZIONE 11

6.4 SOLLECITAZIONI 11

6.5 FALDA 11

6.6 PARAMETRI GEOTECNICI 11

6.7 SELEZIONE DELLA COMBINAZIONE 12

7 VERIFICA AL COLLASSO PER CARICO LIMITE PER IL SISTEMA TERRENO-FONDAZIONE – Condizioni NON drenate 13

7.1 COMBINAZIONE DI CALCOLO E PARAMETRI SISMICI 13

7.2 DATI DI PROGETTO 13

7.3 FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE 13

7.4 COEFFICIENTI CORRETTIVI 14

7.5 REGOLA DI MEYEROHOF 14

7.6 CARICO LIMITE 14

7.7 VERIFICA CAPACITA' PORTANTE 14

7.8 VERIFICA A SCORRIMENTO 14

8 VERIFICA AL COLLASSO PER CARICO LIMITE PER IL SISTEMA TERRENO-FONDAZIONE – Condizioni drenate 15

8.1 COMBINAZIONE DI CALCOLO E PARAMETRI SISMICI 15

8.2 DATI DI PROGETTO 15

8.3 FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE 15

8.4 COEFFICIENTI CORRETTIVI 16

8.5 REGOLA DI MEYEROHOF 16

8.6 CARICO LIMITE 16
8.7 VERIFICA CAPACITA' PORTANTE 16
8.8 VERIFICA A SCORRIMENTO 16

9 VERIFICA FONDAZIONE TOMBINI 17
9.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI 17
9.2 PARAMETRI SISMICI SLV 17
9.3 DATI FONDAZIONE 18
9.4 SOLLECITAZIONI 18
9.5 FALDA 18
9.6 PARAMETRI GEOTECNICI 18
9.7 SELEZIONE DELLA COMBINAZIONE 19

10 VERIFICA AL COLLASSO PER CARICO LIMITE PER IL SISTEMA TERRENO-FONDAZIONE – Condizioni NON drenate 20
10.1 COMBINAZIONE DI CALCOLO E PARAMETRI SISMICI 20
10.2 DATI DI PROGETTO 20
10.3 FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE 20
10.4 COEFFICIENTI CORRETTIVI 21
10.5 REGOLA DI MEYEROHOF 21
10.6 CARICO LIMITE 21
10.7 VERIFICA CAPACITA' PORTANTE 21
10.8 VERIFICA A SCORRIMENTO 21

11 VERIFICA AL COLLASSO PER CARICO LIMITE PER IL SISTEMA TERRENO-FONDAZIONE – Condizioni drenate 22
11.1 COMBINAZIONE DI CALCOLO E PARAMETRI SISMICI 22
11.2 DATI DI PROGETTO 22
11.3 FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE 22
11.4 COEFFICIENTI CORRETTIVI 23
11.5 REGOLA DI MEYEROHOF 23
11.6 CARICO LIMITE 23
11.7 VERIFICA CAPACITA' PORTANTE 23
11.8 VERIFICA A SCORRIMENTO 23

12 VERIFICA A LIQUEFAZIONE 24
12.1 VERIFICA A LIQUEFAZIONE 24

12.1.1 ANDRUS STOKOE 24
12.1.2 ROBERTSON WRIDE (1997) 37
12.1.3 SEED IDRISS 53

1 PREMESSA

La progettazione in oggetto riguarda l'intervento di "*Riqualifica della viabilità di accesso e delle aree di sosta*" dell'aeroporto di Lamezia Terme e prevede la rivisitazione completa della viabilità secondo caselli di ingresso/uscita e accesso alle varie aree a parcheggio che permetta gestione e distinzione dei flussi di traffico diretti ad aree dei vari servizi che l'area Terminal zona Land-side offre.
L'area oggetto del presente intervento è mostrata nello stralcio di Figura 1.

Figura 1 - Stralcio Ortofoto

Per caratterizzare da un punto di vista geologico-tecnico e simico il sito di progetto è stata condotta una campagna d'indagine nel modo seguente:

- Un sondaggio meccanico spinto fino alla profindità di 30 metri dal p.c.;
- Prelievo di n° 4 campioni indisturbati: S1-C1 da 3.00 a 3.40 metri dal p.c., S1-C2 da 8.50 a 9.00 metri dal p.c., S1-C3 da 15.50 a 16.00 metri dal p.c., S1-C4 da 24.00 a 24.40 metri dal p.c.
- Un'indagine sismica di tipo dow-hole all'interno del suddetto foro di sondaggio;
- Un'indagine di tipo MASW finalizzati alla stima dei moduli dinamici e del parametro Vs30 necessario per classificare il suolo di fondazione secondo le NTC 2018
- Un'indagine sismica superficiale passiva (microtremori) con analisi HVSR (Horizontal to Vertical SPectral Ratio).

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione geotecnica è stata redatta in ottemperanza alle leggi vigenti in materia:
Nel dettaglio, il presente report considererà i seguenti riferimenti normativi:

- O.P.C.M. n.3274 del 20/03/2003;
- O.P.C.M. n.3519 del 28/04/2006;
- D.M. 17/01/2018 (*Norme tecniche per le costruzioni*);
- L. R. 17/09/2020 n. 16 ("Legge sismica regionale");
- Regolamento Regione Calabria – n. 1 del 04 gennaio 2021.

3 CATEGORIA DEL SUOLO

In conformità al D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni" la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:

$$Vs_{eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{Vs_i}}$$

dove:

hi spessore dell'i-esimo strato;

VS,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

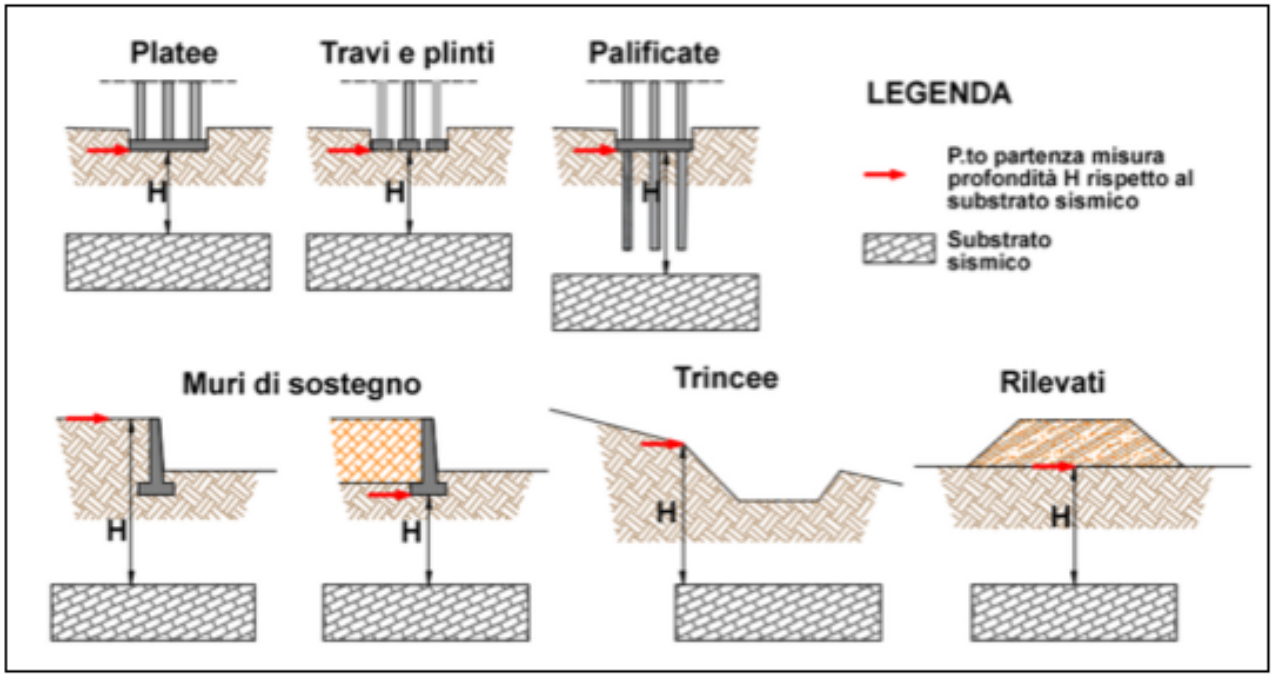
N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30 ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.



Poiché le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II (riportata di seguito), si può fare riferimento a un approccio semplificato (la piccola inversione di velocità riscontrata, infatti, è da ritenersi non significativa nei confronti della categoria di sottosuolo dell'area) che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS.

Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato. NTC 2018 Cap 3.2.2.	
Categoria	**Caratteristiche della superficie topografica**
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30m

La Vs30 è stata determinata attraverso misura diretta della velocità delle onde di taglio con metodologia MASW e HVSR ed è risultata essere compresa tra 180 e 360 m/s, consentendo di attribuire al sottosuolo la **categoria sismica "C".**

4 ZONA SISMICA

Secondo la nuova classificazione sismica del territorio italiano, O.P.C.M. 3274 la sismicità è definita mediante 4 zone, numerate da 1 a 4. Tale ordinanza suddivide porzioni di territorio in quattro zone secondo i valori di accelerazioni di picco orizzontale del suolo (ag) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Figura 2 - Stralcio Carta zone sismiche d'Italia

L'area di studio ricade in zona 1 (Figura 2), con un'accelerazione orizzontale massima convenzionale (ag), su suolo di categoria A, di 0,35g.

Le più recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (17/01/2018) e l'OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519 superano il concetto della classificazione del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante una analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una "pericolosità di base" fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di ag e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T*C). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati sul sito http://esse1.mi.ingv.it/.

Secondo le NTC l'area in questione è caratterizzata da un'accelerazione compresa tra 0.250 - 0.275 g (Figura 3) in cui è riportata la mappa di pericolosità sismica per il sito in questione, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (categoria A, Vs>800m/sec).

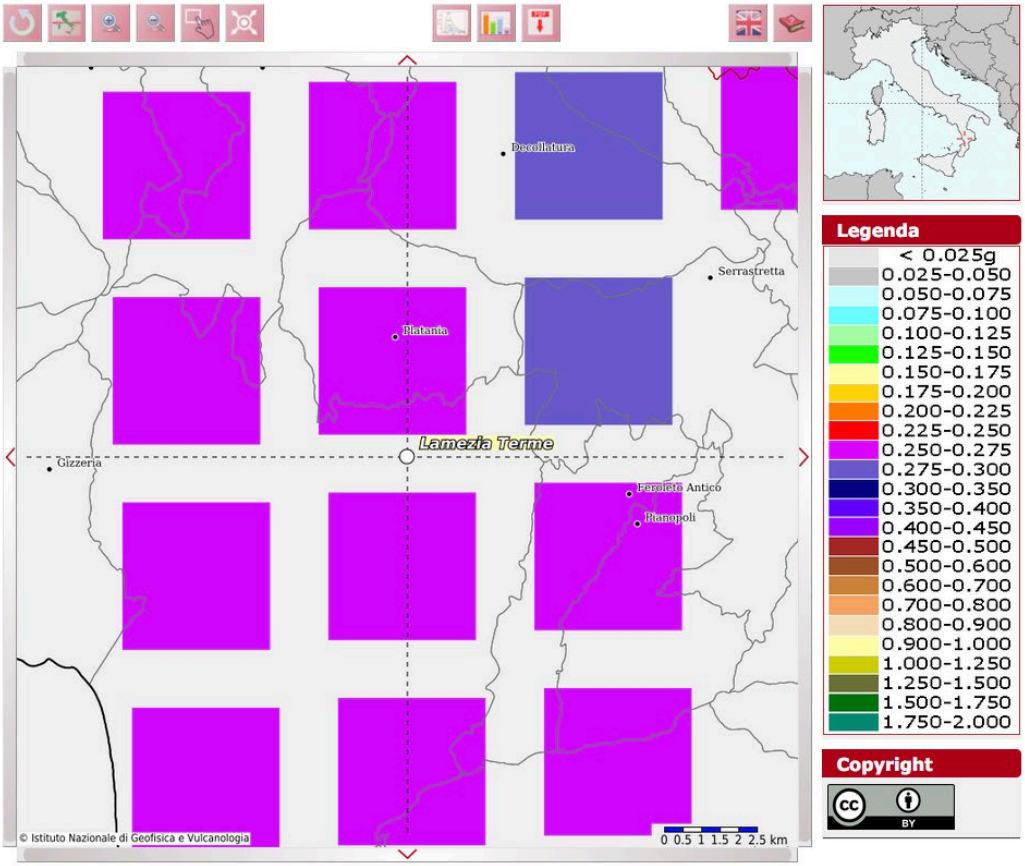


Figura 3 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (ordinanza 3519-06)

5 MODELLO GEOTECNICO

Il modello geotecnico definisce i caratteri meccanici dei materiali direttamente interessati dall'interazione tra il sito di progetto e le opere oggetto della progettazione. L'unità fondamentale di un modello geotecnico è l'**unità litotecnica** ovvero, un corpo separabile da quelli adiacenti per comportamento meccanico omogeneo. Pertanto, il modello geotecnico che si propone semplifica il modello geologico descritto passando a 5 unità litotecniche di seguito individuate:

Tabella 1 - Modello Geotecnico e parametri geotecnici

MODELLO GEOTECNICO					
Unità litotecnica	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m^3]	Velocità Onde longitudinali [m/s]	Velocità Onde di taglio [m/s]
1	0	3	17.5	632.91÷682.2	279.59÷362
2	3	4	17.8÷18.7	764.82÷808.91	151.34÷157.4
3	7	6	18÷19.4	798.81÷925.33	188.8÷206.03
4	13.0	6	18.2÷19.4	1481.48÷1638.36	212÷285.25
5	19.0	-	18.8÷19.8	997.81÷1038.57	274÷349.38

MODELLO GEOTECNICO					
Unità litotecnica	Profondità [m]	Spessore [m]	Coeff. di Poisson	G[1] medio (MPa)	E^2_d medio (MPa)
1	0	3	0.38÷0.4	160.97÷296.37	824.89÷1078.05
2	3	4	0.44÷0.48	40.91÷46.17	1044.73÷1224.35
3	7	6	0.42÷0.47	65.44÷84.56	1171.82÷1774.40
4	13.0	6	0.41÷0.49	87.62÷215.21	4146.48÷5404.11
5	19.0	-	0.4÷0.45	203.65÷276.93	2150.14÷2117.70

MODELLO GEOTECNICO						
Unità litotecnica	Profondità [m]	Spessore [m]	E[3] medio (MPa)	E_v medio (MPa)	c' (kPa)	φ' (°)
1	0	3	443.89÷648.46	610.26÷682.89	-	-
2	3	4	121.06÷136.62	990.19÷1162.79	10.6	24.2
3	7	6	192.44÷246.92	1084.56÷1661.65	3.6	27.6
4	13.0	6	260.98÷560.08	4029.65÷5117.16	10.2	25.3
5	19.0	-	589.65÷679.39	1758.10÷1878.61	0.9	30.6

[1] Modulo di taglio
[2] Modulo edometrico
[3] Modulo di Young

6 VERIFICA FONDAZIONE CHECK IN CABIN

Si riportano di seguito le verifiche geotecniche relative a strutture di fondazione che, con ogni probabilità, interesseranno le prime due unità litotecniche di **Tabella 1**.

6.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

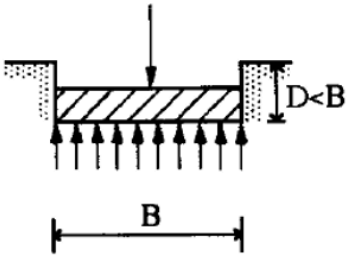
Classe del calcestruzzo		C25/30
Peso specifico del calcestruzzo	γ_{cls}	25,00 kN/m³
Peso specifico del magrone	$\gamma_{cls,\ mag}$	24,00 kN/m³
Altezza del sottofondo in magrone	H_{mag}	0,10 m

6.2 PARAMETRI SISMICI SLV

Accelerazione massima su suolo rigido	a_g	3,532 m/s²
Coefficiente di amplificazione spettrale	F_O	2,473
Periodo di inizio tratto a velocità costante	T_c^*	0,400 s
Categoria di sottosuolo		C
Categoria topografica		T1

Accelerazione di gravità	g	9,806 m/s²
Accelerazione orizzontale riferita al suolo rigido adimensionale	a_g/g	0,360
Coefficiente di amplificazione topografica	S_T	1,000
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	S_S	1,166
Prodotto S_S*S_T	S	1,166
Accelerazione orizzontale riferita al sito adimensionale	$a_{(max)}/g$	0,420
Coefficiente funzione della categoria di sottosuolo	C_c	1,421
Periodo del tratto ad accelerazione costante	T_B	0,189 s
Periodo del tratto a velocità costante	T_C	0,568 s
Periodo del tratto a spostamento costante	T_D	3,041 s
Coefficiente di smorzamento viscoso	ξ	5 %
Coefficiente di correzione per smorzamento viscoso diverso dal 5%	η	1
Coefficiente sismico orizzontale	Kh	0,160
Coefficiente sismico verticale	Kv	±0,080
Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito	β_m	0,38

6.3 DATI FONDAZIONE



Lato corto	B	5,00 m
Lato lungo	L	5,00 m
Altezza del fondazione	H	0,50 m
Affondamento della zattera, misurato rispetto al piano di posa	D	0,60 m

6.4 SOLLECITAZIONI

		CARICHI STATICI		
		G_{K1}	G_{K2}	Q_K
Forza normale alla base	V	62,5 kN	5,0 kN	15,0 kN

6.5 FALDA

Attiva la falda:		si
Quota della falda dal piano campagna	H_{falda}	2,80 m
Peso specifico acqua	γ_w	10,0 kN/m³

6.6 PARAMETRI GEOTECNICI

Sabbia limosa		
Densità relativa	Dr	0-0,3
Modulo elastico	E	12750 kPa
Modulo edometrico	M	10884 kPa
Coefficiente di Poisson	v	0,3
Costante di Winkler	Kw	7 N/cm³
Angolo di attrito	φ'	24,20 °
Coesione	c'	10,00 kPa
Resistenza a taglio non drenata	cu	150,00 kPa
Peso specifico del terreno sopra la zattera dal lato di valle	$\gamma_{f,sopra}$	26,50 kN/m³
Peso specifico del terreno sotto il piano di posa.	$\gamma_{f,sotto}$	26,50 kN/m³

6.7 SELEZIONE DELLA COMBINAZIONE

Approccio e combinazione utilizzata:

APPROCCIO 2 --- Combinazione (A1+M1+R3)

Condizione di verifica:

SISMICA

Si esegue analisi sismica pseudo-statica Secondo la teoria di Paolucci e Pecker (1997)

AZIONI	A	
γ_{G1}	1,00	0,90
γ_{G2}	1,00	0,80
γ_{Qk}	1,00	0,00

GEOTECNICA	M
$Tan(\varphi')_{,k}$	1,00
$c'_{,k}$	1,00
$cu_{,k}$	1,00
$\Upsilon_{,k}$	1,00

RESISTENZE	R
capacità portante	2,30
scorrimento	1,10

7 VERIFICA AL COLLASSO PER CARICO LIMITE PER IL SISTEMA TERRENO-FONDAZIONE – CONDIZIONI NON DRENATE

7.1 COMBINAZIONE DI CALCOLO E PARAMETRI SISMICI

Condizione di verifica: APPROCCIO 2 --- Combinazione (A1+M1+R3)

Secondo la combinazione: SISMICA

AZIONI	A
$\gamma G1$	1,00
$\gamma G2$	1,00
γQk	1,00

GEOTECNICA	M
$Tan(\varphi')_{,k}$	1,00
$c'_{,k}$	1,00
$cu_{,k}$	1,00
$\gamma_{,k}$	1,00

RESISTENZE	R
capacità portante	2,30
scorri-mento	1,10

Accelerazione massima su suolo rigido	a_g	3,532 m/s²
Coefficiente di amplificazione spettrale	F_O	2,473
Periodo di inizio tratto a velocità costante	T_c^*	0,400 s
Categoria di sottosuolo		C
Categoria topografica		T1
Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	β_m	0,380
Coefficiente sismico orizzontale	Kh	0,160
Coefficiente sismico verticale	Kv	0,080

7.2 DATI DI PROGETTO

angolo di attrito	$\varphi_{,d}$	0,00 °
Resistenza a taglio non drenata	$cu_{,d}$	150,00 kPa
P.S. terreno sopra il piano di posa.	$\gamma f_{,sopra,d}$	26,5 kN/m³
P.S. terreno sotto il piano di posa.	$\gamma f_{,sotto,d}$	26,5 kN/m³
P.S. medio del terreno	$\gamma f_{,medio}$	26,5 kN/m³
inclinazione piano posa	α	0,00 °
inclinazione piano campagna	ω	0,00 °
Profondità della curva di scorrimento	$H_{scor.}$	3,56 m

Base	B	5,00
Lunghezza	L	5,00
Base ridotta	B*	4,39
Lung. Ridotta	L*	4,39
Altezza zattera	H	0,50
Affondamento	D	0,60
Altezza magrone	Hm	0,10

Carico verticale	$V_{,d}$	455,0 kN
Carico Orizzontale	$H_{,d}$	154,6 kN
Momento Sollecitante b	$Mb_{,d}$	138,3 kNm
Momento Sollecitante l	$Ml_{,d}$	138,3 kNm
Taglio Sismico	$H_{,s}$	72,6 kN

7.3 FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE

$N_{\gamma,0}$	0,00	Secondo Vesic (1973)
$N_{c,0}$	5,14	Secondo Vesic (1970)
$N_{q,0}$	1,00	Secondo Prandtl (1921)

7.4 COEFFICIENTI CORRETTIVI

Coefficienti di forma	
$s_{c,0}$	1,200

Coefficienti di profondità	
$d_{c,0}$	1,053

Coefficienti di Inclinazione del carico	
$i_{c,0}$	0,982
m_b	1,500
ml	1,500
m	1,500
ϑ	45,00 °

Coefficienti di Inclinazione del piano campagna	
$b_{c,0}$	1,000

Coefficienti di Inclinazione del piano di posa della fondazione	
$g_{c,0}$	1,000

Coefficienti Paolucci e Pecker (1997)	
$z_{c,0}$	0,949

7.5 REGOLA DI MEYEROHOF

e_b	0,30 m
B*	4,39 m

e_L	0,30 m
L*	4,39 m

7.6 CARICO LIMITE

q_{lim}	927,7	[kN/m²]

Q_{lim}	17896,1	[kN]

$$q_{lim} = c_u N_{c,0} s_{c,0} d_{c,0} i_{c,0} b_{c,0} z_{c,0} + q$$

contributo forze di **coesione**

contributo **sovraccarico**

7.7 VERIFICA CAPACITA' PORTANTE

E_d	455,0	[kN]	$E_d \leq R_d$	verificato
R_d	7780,9	[kN]		17,10
e_d	23,6	[kPa]		
r_d	403,3	[kPa]		

7.8 VERIFICA A SCORRIMENTO

E_d	154,6	[kN]	$E_d \leq R_d$	verificato
R_d	11553,8	[kN]		74,73

8 VERIFICA AL COLLASSO PER CARICO LIMITE PER IL SISTEMA TERRENO-FONDAZIONE – CONDIZIONI DRENATE

8.1 COMBINAZIONE DI CALCOLO E PARAMETRI SISMICI

Condizione di verifica: APPROCCIO 2 --- Combinazione (A1+M1+R3)

Secondo la combinazione: SISMICA

AZIONI	A
γG1	1,00
γG2	1,00
γQk	1,00

GEOTECNICA	M
Tan(φ')$_{,k}$	1,00
c'$_{,k}$	1,00
cu$_{,k}$	1,00
ϒ$_{,k}$	1,00

RESISTENZE	R
capacità portante	2,30
scorri-mento	1,10

Accelerazione massima su suolo rigido	a_g	3,532 m/s²
Coefficiente di amplificazione spettrale	F_O	2,473
Periodo di inizio tratto a velocità costante	T_c^*	0,400 s
Categoria di sottosuolo		C
Categoria topografica		T1
Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	β_m	0,380
Coefficiente sismico orizzontale	Kh	0,160
Coefficiente sismico verticale	Kv	0,080

8.2 DATI DI PROGETTO

angolo di attrito	φ'$_{,d}$	24,20 °
coesione	c'$_{,d}$	10,00 kPa
P.S. terreno sopra il piano di posa.	ϒ'f$_{,sopra,d}$	16,5 kN/m³
P.S. terreno sotto il piano di posa.	ϒ'f$_{,sotto,d}$	16,5 kN/m³
P.S. terreno sopra il piano di posa.	ϒ'f$_{,medio}$	16,5 kN/m³
P.S. terreno sotto il piano di posa.	α	0,00 °
inclinazione piano campagna	ω	0,00 °
Profondità della curva di scorrimento	Hscor.	6,17 m

Base	B	5,00 m
Lunghezza	L	5,00 m
Base ridotta	B*	4,39 m
Lung. Ridotta	L*	4,39 m
Altezza zattera	H	0,50 m
Affondamento	D	0,60 m
Altezza magrone	Hm	0,10 m

Carico verticale	V$_{,d}$	455,0 kN
Carico Orizzontale	H$_{,d}$	154,6 kN
Momento Sollecitante b	Mb$_{,d}$	138,3 kNm
Momento Sollecitante l	Ml$_{,d}$	138,3 kNm
Taglio Sismico	H$_{,s}$	72,6 kN

8.3 FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE

N_γ	9,71	Secondo Vesic, 1973
N_c	19,59	Secondo Vesic (1970)
N_q	9,81	Secondo Prandtl (1921)

8.4 COEFFICIENTI CORRETTIVI

Coefficienti di forma	
s_γ	0,600
s_c	1,500
s_q	1,449

Coefficienti di profondità	
d_γ	1,000
d_c	1,046
d_q	1,041

Coefficienti di Inclinazione del carico	
i_γ	0,632
i_c	0,732
i_q	0,759
m_b	1,500
ml	1,500
m	1,500
ϑ	45,00 °

Coefficienti di Inclinazione del piano campagna	
b_γ	1,000
b_c	1,000
b_q	1,000

Coefficienti di Inclinazione del piano di posa della fondazione	
g_γ	1,000
g_c	1,000
g_q	1,000

Coefficienti che tengono conto della rottura per ponzunamento	
Ψ_γ	1,000
Ψ_c	1,000
Ψ_q	1,000

Coefficienti Paolucci e Pecker (1997)	
z_γ	0,858
z_c	0,949
z_q	0,858

8.5 REGOLA DI MEYEROHOF

e_b	0,30 m
B*	4,39 m

e_L	0,30 m
L*	4,39 m

8.6 CARICO LIMITE

q_{lim}	417,1	[kN/m²]

Q_{lim}	8046,1	[kN]

$$q_{lim} = \frac{1}{2}\gamma' B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma \Psi_\gamma z_\gamma + c' N_c s_c d_c i_c b_c \Psi_c z_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q \Psi_q z_q$$

contributo forze di **attrito** — contributo forze di **coesione** — contributo **sovraccarico**

8.7 VERIFICA CAPACITA' PORTANTE

E_d	455,0	[kN]
R_d	3498,3	[kN]
e_d	23,6	[kPa]
r_d	181,3	[kPa]

$E_d \leq R_d$ — verificato

7,69

8.8 VERIFICA A SCORRIMENTO

E_d	154,6	[kN]
R_d	190,2	[kN]

$E_d \leq R_d$ — verificato

1,23

9 VERIFICA FONDAZIONE TOMBINI

Si riportano di seguito alcune considerazioni a carattere geotecnico relative a strutture di fondazione che con ogni probabilità interesseranno le prime due unità litotecniche di **Tabella 1**.

9.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

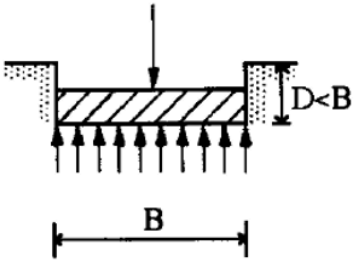
Classe del calcestruzzo		C25/30
Peso specifico del calcestruzzo	γ_{cls}	25,00 kN/m³
Peso specifico del magrone	$\gamma_{cls,\ mag}$	24,00 kN/m³
Altezza del sottofondo in magrone	H_{mag}	0,10 m

9.2 PARAMETRI SISMICI SLV

Accelerazione massima su suolo rigido	a_g	3,532 m/s²
Coefficiente di amplificazione spettrale	F_O	2,473
Periodo di inizio tratto a velocità costante	T_c^*	0,400 s
Categoria di sottosuolo		C
Categoria topografica		T1

Accelerazione di gravità	g	9,806 m/s²
Accelerazione orizzontale riferita al suolo rigido adimensionale	a_g/g	0,360
Coefficiente di amplificazione topografica	S_T	1,000
Coefficiente di amplificazione stratigrafica	S_S	1,166
Prodotto S_S*S_T	S	1,166
Accelerazione orizzontale riferita al sito adimensionale	$a_{(max)}/g$	0,420
Coefficiente funzione della categoria di sottosuolo	C_c	1,421
Periodo del tratto ad accelerazione costante	T_B	0,189 s
Periodo del tratto a velocità costante	T_C	0,568 s
Periodo del tratto a spostamento costante	T_D	3,041 s
Coefficiente di smorzamento viscoso	ξ	5 %
Coefficiente di correzione per smorzamento viscoso diverso dal 5%	η	1
Coefficiente sismico orizzontale	Kh	0,160
Coefficiente sismico verticale	Kv	±0,080
Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito	β_m	0,38

9.3 DATI FONDAZIONE



Lato corto	B	1,00 m
Lato lungo	L	70,00 m
Altezza del fondazione	H	0,80 m
Affondamento della zattera, misurato rispetto al piano di posa	D	0,60 m

9.4 SOLLECITAZIONI

		CARICHI STATICI		
		G_{K1}	G_{K2}	Q_K
Forza normale alla base	V	182,0 kN	85,0 kN	15,0 kN

9.5 FALDA

Attiva la falda:		si
Quota della falda dal piano campagna	H_{falda}	2,80 m
Peso specifico acqua	γ_w	10,0 kN/m³

9.6 PARAMETRI GEOTECNICI

Sabbia limosa

Densità relativa	Dr	0-0,3
Modulo elastico	E	12750 kPa
Modulo edometrico	M	10884 kPa
Coefficiente di Poisson	v	0,3
Costante di Winkler	Kw	7 N/cm³
Angolo di attrito	φ'	24,20 °
Coesione	c'	10,00 kPa
Resistenza a taglio non drenata	cu	150,00 kPa
Peso specifico del terreno sopra la zattera dal lato di valle	$\gamma_{f,sopra}$	26,50 kN/m³
Peso specifico del terreno sotto il piano di posa.	$\gamma_{f,sotto}$	26,50 kN/m³

9.7 SELEZIONE DELLA COMBINAZIONE

Approccio e combinazione utilizzata:

APPROCCIO 2 --- Combinazione (A1+M1+R3)

Condizione di verifica:

SISMICA

Si esegue analisi sismica pseudo-statica Secondo la teoria di Paolucci e Pecker (1997)

AZIONI	A	
γ_{G1}	1,00	0,90
γ_{G2}	1,00	0,80
γ_{Qk}	1,00	0,00

GEOTECNICA	M
$Tan(\varphi')_{,k}$	1,00
$c'_{,k}$	1,00
$cu_{,k}$	1,00
$\Upsilon_{,k}$	1,00

RESISTENZE	R
capacità portante	2,30
scorrimento	1,10

10 VERIFICA AL COLLASSO PER CARICO LIMITE PER IL SISTEMA TERRENO-FONDAZIONE – CONDIZIONI NON DRENATE

10.1 COMBINAZIONE DI CALCOLO E PARAMETRI SISMICI

Condizione di verifica: APPROCCIO 2 --- Combinazione (A1+M1+R3)

Secondo la combinazione: SISMICA

AZIONI	A
γG1	1,00
γG2	1,00
γQk	1,00

GEOTECNICA	M
Tan(φ'),k	1,00
c',k	1,00
cu,k	1,00
ϒ,k	1,00

RESISTENZE	R
capacità portante	2,30
scorri-mento	1,10

Accelerazione massima su suolo rigido	a_g	3,532 m/s²
Coefficiente di amplificazione spettrale	F_O	2,473
Periodo di inizio tratto a velocità costante	T_c^*	0,400 s
Categoria di sottosuolo		C
Categoria topografica		T1
Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	β_m	0,380
Coefficiente sismico orizzontale	Kh	0,160
Coefficiente sismico verticale	Kv	0,080

10.2 DATI DI PROGETTO

angolo di attrito	φ,d	0,00 °
Resistenza a taglio non drenata	cu,d	150,00 kPa
P.S. terreno sopra il piano di posa.	Yf,sopra,d	26,5 kN/m³
P.S. terreno sotto il piano di posa.	Yf,sotto,d	26,5 kN/m³
P.S. medio del terreno	Yf,medio	26,5 kN/m³
inclinazione piano posa	α	0,00 °
inclinazione piano campagna	ω	0,00 °
Profondità della curva di scorrimento	Hscor.	0,51 m

Base	B	1,00
Lunghezza	L	70,00
Base ridotta	B*	0,63
Lung. Ridotta	L*	69,63
Altezza zattera	H	0,80
Affondamento	D	0,60
Altezza magrone	Hm	0,10

Carico verticale	V,d	1850,0 kN
Carico Orizzontale	H,d	377,1 kN
Momento Sollecitante b	Mb,d	338,1 kNm
Momento Sollecitante l	Ml,d	338,1 kNm
Taglio Sismico	H,s	295,1 kN

10.3 FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE

$N_{\gamma,0}$	0,00	Secondo Vesic (1973)
$N_{c,0}$	5,14	Secondo Vesic (1970)
$N_{q,0}$	1,00	Secondo Prandtl (1921)

10.4 COEFFICIENTI CORRETTIVI

Coefficienti di forma	
$s_{c,0}$	1,200

Coefficienti di profondità	
$d_{c,0}$	1,053

Coefficienti di Inclinazione del carico	
$i_{c,0}$	0,982
m_b	1,500
ml	1,500
m	1,500
ϑ	45,00 °

Coefficienti di Inclinazione del piano campagna	
$b_{c,0}$	1,000

Coefficienti di Inclinazione del piano di posa della fondazione	
$g_{c,0}$	1,000

Coefficienti Paolucci e Pecker (1997)	
$Z_{c,0}$	0,949

10.5 REGOLA DI MEYEROHOF

e_b	0,18 m
B*	0,63 m

e_L	0,18 m
L*	69,63 m

10.6 CARICO LIMITE

q_{lim}	1004,2	[kN/m²]

Q_{lim}	44367,3	[kN]

$$q_{lim} = c_u N_{c,0} s_{c,0} d_{c,0} i_{c,0} b_{c,0} z_{c,0} + q$$

contributo forze di **coesione**

contributo **sovraccarico**

10.7 VERIFICA CAPACITA' PORTANTE

E_d	1850,0	[kN]	$E_d \leq R_d$	verificato
R_d	19290,2	[kN]		10,43
e_d	41,9	[kPa]		
r_d	436,6	[kPa]		

10.8 VERIFICA A SCORRIMENTO

E_d	377,1	[kN]	$E_d \leq R_d$	verificato
R_d	419542,9	[kN]		1112,44

11 VERIFICA AL COLLASSO PER CARICO LIMITE PER IL SISTEMA TERRENO-FONDAZIONE – CONDIZIONI DRENATE

11.1 COMBINAZIONE DI CALCOLO E PARAMETRI SISMICI

Condizione di verifica: APPROCCIO 2 --- Combinazione (A1+M1+R3)

Secondo la combinazione: SISMICA

AZIONI	A
γG1	1,00
γG2	1,00
γQk	1,00

GEOTECNICA	M
Tan(φ')$_{,k}$	1,00
c'$_{,k}$	1,00
cu$_{,k}$	1,00
ϒ$_{,k}$	1,00

RESISTENZE	R
capacità portante	2,30
scorri-mento	1,10

Accelerazione massima su suolo rigido	a_g	3,532 m/s²
Coefficiente di amplificazione spettrale	F_O	2,473
Periodo di inizio tratto a velocità costante	T_c^*	0,400 s
Categoria di sottosuolo		C
Categoria topografica		T1
Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	βm	0,380
Coefficiente sismico orizzontale	Kh	0,160
Coefficiente sismico verticale	Kv	0,080

11.2 DATI DI PROGETTO

angolo di attrito	φ'$_{,d}$	24,20 °
coesione	c'$_{,d}$	10,00 kPa
P.S. terreno sopra il piano di posa.	ϒ'f$_{,sopra,d}$	26,5 kN/m³
P.S. terreno sotto il piano di posa.	ϒ'f$_{,sotto,d}$	26,5 kN/m³
P.S. terreno sopra il piano di posa.	ϒ'f$_{,medio}$	26,5 kN/m³
P.S. terreno sotto il piano di posa.	α	0,00 °
inclinazione piano campagna	ω	0,00 °
Profondità della curva di scorrimento	Hscor.	0,89 m

Base	B	1,00 m
Lunghezza	L	70,00 m
Base ridotta	B*	0,63 m
Lung. Ridotta	L*	69,63 m
Altezza zattera	H	0,80 m
Affondamento	D	0,60 m
Altezza magrone	Hm	0,10 m

Carico verticale	V$_{,d}$	1850,0 kN
Carico Orizzontale	H$_{,d}$	377,1 kN
Momento Sollecitante b	Mb$_{,d}$	338,1 kNm
Momento Sollecitante l	Ml$_{,d}$	338,1 kNm
Taglio Sismico	H$_{,s}$	295,1 kN

11.3 FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE

N_γ	9,71	Secondo Vesic, 1973
N_c	19,59	Secondo Vesic (1970)
N_q	9,81	Secondo Prandtl (1921)

11.4 COEFFICIENTI CORRETTIVI

Coefficienti di forma	
s_γ	0,600
s_c	1,500
s_q	1,449

Coefficienti di profondità	
d_γ	1,000
d_c	1,046
d_q	1,041

Coefficienti di Inclinazione del carico	
i_γ	0,632
i_c	0,732
i_q	0,759
m_b	1,500
m_l	1,500
m	1,500
ϑ	45,00 °

Coefficienti di Inclinazione del piano campagna	
b_γ	1,000
b_c	1,000
b_q	1,000

Coefficienti di Inclinazione del piano di posa della fondazione	
g_γ	1,000
g_c	1,000
g_q	1,000

Coefficienti che tengono conto della rottura per ponzunamento	
Ψ_γ	1,000
Ψ_c	1,000
Ψ_q	1,000

Coefficienti Paolucci e Pecker (1997)	
z_γ	0,858
z_c	0,949
z_q	0,858

11.5 REGOLA DI MEYEROHOF

e_b	0,18 m
B*	0,63 m

e_L	0,18 m
L*	69,63 m

11.6 CARICO LIMITE

q_{lim}	384,3	[kN/m²]

Q_{lim}	16977,9	[kN]

$$q_{lim} = \frac{1}{2}\gamma' B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma \Psi_\gamma z_\gamma + c' N_c s_c d_c i_c b_c \Psi_c z_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q \Psi_q z_q$$

contributo forze di **attrito** — contributo forze di **coesione** — contributo **sovraccarico**

11.7 VERIFICA CAPACITA' PORTANTE

E_d	1850,0	[kN]
R_d	7381,7	[kN]
e_d	41,9	[kPa]
r_d	167,1	[kPa]

$E_d \leq R_d$ — **verificato**

3,99

11.8 VERIFICA A SCORRIMENTO

E_d	377,1	[kN]
R_d	444,7	[kN]

$E_d \leq R_d$ — **verificato**

1,18

12 VERIFICA A LIQUEFAZIONE

Le NTC 2018, al § 7.11.3.4.2 - "Esclusione della verifica a liquefazione", individuano le condizioni per le quali è possibile omettere la verifica a liquefazione. In particolare, la verifica a liquefazione può non effettuarsi quando si verifiche una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano di campagna, per piano di campagna suborizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60>30 oppure qc1N>180 dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella seguente figura nel caso (a) di terreni con coefficiente di uniformità Uc<3,5) e nel caso (b) di terreni con coefficiente di uniformità Uc>3,5).

Dal momento che nessuna delle precedenti condizioni previste dalla norma risulta verificarsi è necessaria la verifica a liquefazione al fine valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

12.1 VERIFICA A LIQUEFAZIONE

12.1.1 ANDRUS STOKOE

DATI GENERALI

Data	05/12/2023

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa	1.25

FALDA

Profondità falda idrica	2.8 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock	0.26
Fattore amplificazione	0.26

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i<=15°

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS)	1.5
Coefficiente amplificazione topografica (ST)	1
Magnitudo momento sismico (Mw)	6.03
Distanza epicentro	8.75 Km
Peak ground acceleration (PGA)	0.39

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1		0	0.5	0	0	0	0	0	91.2	327.45
2		0.5	1	0	0	0	0	4478	94.63	327.45
3		1	2	0	0	0	0	4085	173.5	327.45
4		2	2.2	0	0	0	0	1863	183	327.45
5		2.2	2.6	18.7	19.6	0	0.01402	5001	98.06	327.45
6		2.6	7.5	18.7	19.6	6	0.01402	1062	31.38	157.4
7		7.5	9	19.4	19.7	21	0.15915	5271	74.28	206.3
8		9	10.5	0	0	0	0	2925	129.44	206.3
9		10.5	15	0	0	0	0	18844	348.12	285.25
10		15	30	19.4	19.7	17	0.01685	0	0	349.38

Andrus Stokoe (1997)

Nr.	Frazione fine (%)	Validità
	0	Valido
	0	Valido
	0	Valido

	0	Valido
	0	Valido
	0	Valido
	0	Valido
	0	Valido
	0	Valido

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.75

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Velocità normalizzata Vs1 (m/s)	Valore critico di Vs1 (Vs1c) (m/s)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1	3.00	15.140	13.179	261.238	220.000	0.977	0.179	0.163	1.10	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
2	3.20	19.060	15.137	252.344	220.000	0.976	0.159	0.178	0.89	Terreno suscettibile di liquefazione	3.14	Basso
3	3.40	22.980	17.096	244.783	220.000	0.974	0.139	0.190	0.73	Terreno suscettibile di liquefazione	8.28	Alto
4	3.60	26.900	19.055	238.234	220.000	0.972	0.117	0.199	0.59	Terreno suscettibile di liquefazione	13.54	Alto
5	3.80	30.820	21.013	232.478	220.000	0.971	0.086	0.207	0.42	Terreno	20.08	Molto alto

										suscettibile di liquefazione		
6	4.00	34.740	22.972	227.355	220.000	0.969	0.029	0.213	0.13	Terreno suscettibile di liquefazione	31.15	Molto alto
7	4.20	38.660	24.931	222.752	220.000	0.968	-0.182	0.218	-0.84	Terreno suscettibile di liquefazione	69.07	Molto alto
8	4.40	42.580	26.889	218.580	220.000	0.966	0.773	0.222	3.48	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
9	4.60	46.500	28.848	214.771	220.000	0.965	0.306	0.226	1.36	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
10	4.80	50.420	30.807	211.273	220.000	0.963	0.233	0.229	1.02	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
11	5.00	54.340	32.765	208.042	220.000	0.962	0.201	0.231	0.87	Terreno suscettibile di liquefazione	5.73	Alto
12	5.20	58.260	34.724	205.044	220.000	0.960	0.182	0.234	0.78	Terreno suscettibile di liquefazione	9.96	Alto
13	5.40	62.180	36.683	202.25	220.00	0.959	0.169	0.236	0.72	Terren	13.15	Alto

				0	0					o suscettibile di liquefazione		
14	5.60	66.100	38.641	199.637	220.000	0.957	0.160	0.237	0.67	Terreno suscettibile di liquefazione	15.77	Molto alto
15	5.80	70.020	40.600	197.185	220.000	0.956	0.152	0.239	0.64	Terreno suscettibile di liquefazione	18.05	Molto alto
16	6.00	73.940	42.559	194.876	220.000	0.954	0.146	0.240	0.61	Terreno suscettibile di liquefazione	20.10	Molto alto
17	6.20	77.860	44.517	192.696	220.000	0.953	0.140	0.242	0.58	Terreno suscettibile di liquefazione	21.98	Molto alto
18	6.40	81.780	46.476	190.633	220.000	0.951	0.136	0.243	0.56	Terreno suscettibile di liquefazione	23.73	Molto alto
19	6.60	85.700	48.435	188.676	220.000	0.950	0.131	0.244	0.54	Terreno suscettibile di liquefazione	25.38	Molto alto
20	6.80	89.620	50.393	186.815	220.000	0.948	0.128	0.244	0.52	Terreno suscettibile di liquefazione	26.95	Molto alto

21	7.00	93.540	52.352	185.042	220.000	0.946	0.124	0.245	0.51	Terreno suscettibile di liquefazione	28.46	Molto alto
22	7.20	97.460	54.311	183.351	220.000	0.945	0.121	0.246	0.49	Terreno suscettibile di liquefazione	29.91	Molto alto
23	7.40	101.380	56.269	181.734	220.000	0.943	0.119	0.246	0.48	Terreno suscettibile di liquefazione	31.31	Molto alto
24	7.60	105.310	58.238	236.155	220.000	0.942	0.108	0.247	0.44	Terreno suscettibile di liquefazione	34.77	Molto alto
25	7.80	109.250	60.217	234.191	220.000	0.940	0.097	0.247	0.39	Terreno suscettibile di liquefazione	38.17	Molto alto
26	8.00	113.190	62.195	232.306	220.000	0.939	0.085	0.248	0.34	Terreno suscettibile di liquefazione	42.13	Molto alto
27	8.20	117.130	64.174	230.494	220.000	0.937	0.070	0.248	0.28	Terreno suscettibile di liquefazione	46.92	Molto alto
28	8.40	121.070	66.153	228.751	220.000	0.936	0.050	0.248	0.20	Terreno suscettibile di liquefa	52.99	Molto alto

										zione		
29	8.60	125.010	68.131	227.071	220.000	0.934	0.023	0.249	0.09	Terreno suscettibile di liquefazione	61.18	Molto alto
30	8.80	128.950	70.110	225.452	220.000	0.933	-0.017	0.249	-0.07	Terreno suscettibile di liquefazione	73.24	Molto alto
31	9.00	132.890	72.089	223.889	220.000	0.931	-0.085	0.249	-0.34	Terreno suscettibile di liquefazione	93.61	Molto alto
32	9.20	132.890	70.127	225.438	220.000	0.928	-0.017	0.255	-0.07	Terreno suscettibile di liquefazione	75.59	Molto alto
33	9.40	132.890	68.166	227.043	220.000	0.923	0.023	0.261	0.09	Terreno suscettibile di liquefazione	65.64	Molto alto
34	9.60	132.890	66.205	228.706	220.000	0.918	0.049	0.267	0.19	Terreno suscettibile di liquefazione	59.45	Molto alto
35	9.80	132.890	64.243	230.432	220.000	0.912	0.069	0.274	0.25	Terreno suscettibile di liquefazione	55.36	Molto alto
36	10.00	132.890	62.282	232.225	220.000	0.907	0.084	0.281	0.30	Terreno suscettibile di	52.53	Molto alto

										liquefazione		
37	10.20	132.890	60.321	234.090	220.000	0.902	0.096	0.288	0.33	Terreno suscettibile di liquefazione	50.55	Molto alto
38	10.40	132.890	58.359	236.032	220.000	0.896	0.107	0.296	0.36	Terreno suscettibile di liquefazione	49.16	Molto alto
39	10.60	132.890	56.398	329.162	220.000	0.891	0.313	0.304	1.03	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
40	10.80	132.890	54.437	332.088	220.000	0.886	0.319	0.314	1.02	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
41	11.00	132.890	52.475	335.148	220.000	0.880	0.325	0.323	1.01	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
42	11.20	132.890	50.514	338.355	220.000	0.875	0.332	0.334	0.99	Terreno suscettibile di liquefazione	0.50	Basso
43	11.40	132.890	48.553	341.721	220.000	0.870	0.339	0.345	0.98	Terreno suscettibile di liquefazione	1.50	Basso
44	11.60	132.890	46.591	345.262	220.000	0.864	0.346	0.357	0.97	Terreno suscet	2.57	Basso

										tibile di liquefazione		
45	11.80	132.890	44.630	348.995	220.000	0.859	0.354	0.371	0.96	Terreno suscettibile di liquefazione	3.72	Basso
46	12.00	132.890	42.669	352.938	220.000	0.854	0.363	0.386	0.94	Terreno suscettibile di liquefazione	4.95	Basso
47	12.20	132.890	40.707	357.114	220.000	0.848	0.372	0.402	0.93	Terreno suscettibile di liquefazione	6.26	Alto
48	12.40	132.890	38.746	361.550	220.000	0.843	0.382	0.419	0.91	Terreno suscettibile di liquefazione	7.66	Alto
49	12.60	132.890	36.785	366.276	220.000	0.838	0.392	0.439	0.89	Terreno suscettibile di liquefazione	9.16	Alto
50	12.80	132.890	34.823	371.328	220.000	0.832	0.404	0.461	0.88	Terreno suscettibile di liquefazione	10.76	Alto
51	13.00	132.890	32.862	376.749	220.000	0.827	0.416	0.485	0.86	Terreno suscettibile di liquefazione	12.48	Alto
52	13.20	132.890	30.901	382.590	220.000	0.822	0.429	0.512	0.84	Terreno	14.31	Alto

										suscettibile di liquefazione		
53	13.40	132.890	28.940	388.913	220.000	0.816	0.444	0.544	0.82	Terreno suscettibile di liquefazione	16.26	Molto alto
54	13.60	132.890	26.978	395.797	220.000	0.811	0.461	0.579	0.80	Terreno suscettibile di liquefazione	18.36	Molto alto
55	13.80	132.890	25.017	403.337	220.000	0.806	0.479	0.621	0.77	Terreno suscettibile di liquefazione	20.61	Molto alto
56	14.00	132.890	23.056	411.654	220.000	0.800	0.500	0.669	0.75	Terreno suscettibile di liquefazione	23.03	Molto alto
57	14.20	132.890	21.094	420.906	220.000	0.795	0.523	0.726	0.72	Terreno suscettibile di liquefazione	25.64	Molto alto
58	14.40	132.890	19.133	431.301	220.000	0.790	0.550	0.795	0.69	Terreno suscettibile di liquefazione	28.46	Molto alto
59	14.60	132.890	17.172	443.122	220.000	0.784	0.581	0.880	0.66	Terreno suscettibile di liquefazione	31.51	Molto alto
60	14.80	132.89	15.210	456.76	220.00	0.779	0.618	0.987	0.63	Terren	34.85	Molto

		0		4	0					o suscettibile di liquefazione		alto
61	15.00	132.890	13.249	472.804	220.000	0.774	0.663	1.125	0.59	Terreno suscettibile di liquefazione	38.51	Molto alto
62	15.20	136.830	15.228	559.295	220.000	0.768	0.932	1.001	0.93	Terreno suscettibile di liquefazione	6.53	Alto
63	15.40	140.770	17.206	542.471	220.000	0.763	0.876	0.905	0.97	Terreno suscettibile di liquefazione	3.05	Basso
64	15.60	144.710	19.185	527.908	220.000	0.757	0.829	0.829	1.00	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
65	15.80	148.650	21.164	515.111	220.000	0.752	0.789	0.766	1.03	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
66	16.00	152.590	23.142	503.729	220.000	0.747	0.754	0.714	1.06	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
67	16.20	156.530	25.121	493.502	220.000	0.741	0.723	0.670	1.08	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso

68	16.40	160.470	27.100	484.237	220.000	0.736	0.696	0.632	1.10	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
69	16.60	164.410	29.078	475.780	220.000	0.731	0.671	0.599	1.12	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
70	16.80	168.350	31.057	468.014	220.000	0.725	0.649	0.570	1.14	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
71	17.00	172.290	33.036	460.843	220.000	0.720	0.629	0.545	1.16	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
72	17.20	176.230	35.014	454.189	220.000	0.715	0.611	0.522	1.17	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
73	17.40	180.170	36.993	447.990	220.000	0.709	0.594	0.501	1.19	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
74	17.60	184.110	38.972	442.192	220.000	0.704	0.578	0.482	1.20	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
75	17.80	188.050	40.950	436.751	220.000	0.699	0.564	0.465	1.21	Terreno suscettibile di liquefa	0.00	Molto basso

										zione		
76	18.00	191.990	42.929	431.629	220.000	0.693	0.551	0.450	1.22	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
77	18.20	195.930	44.908	426.794	220.000	0.688	0.538	0.435	1.24	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
78	18.40	199.870	46.886	422.218	220.000	0.683	0.526	0.422	1.25	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
79	18.60	203.810	48.865	417.877	220.000	0.677	0.515	0.410	1.26	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
80	18.80	207.750	50.844	413.751	220.000	0.672	0.505	0.398	1.27	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
81	19.00	211.690	52.822	409.821	220.000	0.667	0.495	0.387	1.28	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
82	19.20	215.630	54.801	406.070	220.000	0.661	0.486	0.377	1.29	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
83	19.40	219.570	56.780	402.485	220.000	0.656	0.477	0.368	1.30	Terreno non suscettibile di	0.00	Molto basso

										liquefazione		
84	19.60	223.510	58.758	399.053	220.000	0.651	0.469	0.359	1.31	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
85	19.80	227.450	60.737	395.763	220.000	0.645	0.461	0.350	1.31	Terreno non suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso

IPL (Iwasaki)=22.19 Zcrit=20 m Rischio=Molto alto

12.1.2 ROBERTSON WRIDE (1997)

DATI GENERALI

Data 05/12/2023

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 2.8 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.26

Fattore amplificazione 0.26

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i<=15°

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.5

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.03

Distanza epicentro 8.75 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.39

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1		0	0.5	0	0	0	0	0	91.2	327.45
2		0.5	1	0	0	0	0	4478	94.63	327.45
3		1	2	0	0	0	0	4085	173.5	327.45
4		2	2.2	0	0	0	0	1863	183	327.45
5		2.2	2.6	18.7	19.6	0	0.01402	5001	98.06	327.45
6		2.6	7.5	18.7	19.6	6	0.01402	1062	31.38	157.4
7		7.5	9	19.4	19.7	21	0.15915	5271	74.28	206.3
8		9	10.5	0	0	0	0	2925	129.44	206.3
9		10.5	15	0	0	0	0	18844	348.12	285.25
10		15	30	19.4	19.7	17	0.01685	0	0	349.38

Robertson Wride, 1998

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.75

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1	3.00	15.140	13.179	48.554	2.998	2.462	1.7	46.635	0.977	0.089	0.163	0.546	Terreno suscettibile di liquefazione	12.61	Alto

2	3.20	19.060	15.137	43.761	3.009	2.496	1.7	49.608	0.976	0.091	0.178	0.512	Terreno suscettibile di liquefazione	14.35	Alto
3	3.40	22.980	17.096	39.944	3.020	2.526	1.7	52.435	0.974	0.093	0.190	0.492	Terreno suscettibile di liquefazione	15.81	Molto alto
4	3.60	26.900	19.055	36.823	3.032	2.554	1.7	55.135	0.972	0.096	0.199	0.480	Terreno suscettibile di liquefazione	17.04	Molto alto
5	3.80	30.820	21.013	34.218	3.043	2.578	1.7	57.724	0.971	0.098	0.207	0.474	Terreno suscettibile di liquefazione	18.10	Molto alto
6	4.00	34.740	22.972	32.006	3.055	2.601	1.7	60.215	0.969	0.100	0.213	0.472	Terreno suscettibile di liquefazione	19.02	Molto alto
7	4.20	38.660	24.931	30.101	3.066	2.623	1.7	62.619	0.968	0.103	0.218	0.472	Terreno suscettibile di liquefazione	19.84	Molto alto

8	4.40	42.580	26.889	28.441	3.078	2.642	1.7	64.942	0.966	0.105	0.222	0.475	Terreno suscettibile di liquefazione	20.55	Molto alto
9	4.60	46.500	28.848	26.980	3.090	2.661	1.7	67.195	0.965	0.108	0.226	0.480	Terreno suscettibile di liquefazione	21.18	Molto alto
10	4.80	50.420	30.807	25.683	3.102	2.679	1.7	69.381	0.963	0.111	0.229	0.486	Terreno suscettibile di liquefazione	21.73	Molto alto
11	5.00	54.340	32.765	30.754	3.114	2.620	1.7	62.309	0.962	0.102	0.231	0.443	Terreno suscettibile di liquefazione	24.37	Molto alto
12	5.20	58.260	34.724	28.906	3.126	2.641	1.7	64.822	0.960	0.105	0.234	0.451	Terreno suscettibile di liquefazione	24.85	Molto alto
13	5.40	62.180	36.683	27.256	3.139	2.662	1.7	67.314	0.959	0.108	0.236	0.460	Terreno suscettibile di liquefazione	25.24	Molto alto

14	5.60	66.100	38.641	25.773	3.151	2.682	1.7	69.784	0.957	0.112	0.238	0.470	Terreno suscettibile di liquefazione	25.53	Molto alto
15	5.80	70.020	40.600	24.433	3.163	2.701	1.7	72.236	0.956	0.115	0.239	0.481	Terreno suscettibile di liquefazione	25.73	Molto alto
16	6.00	73.940	42.559	23.216	3.176	2.719	1.7	74.668	0.954	0.119	0.240	0.494	Terreno suscettibile di liquefazione	25.82	Molto alto
17	6.20	77.860	44.517	22.107	3.189	2.736	1.7	77.083	0.953	0.123	0.242	0.507	Terreno suscettibile di liquefazione	25.82	Molto alto
18	6.40	81.780	46.476	21.091	3.201	2.753	1.7	79.480	0.951	0.127	0.243	0.522	Terreno suscettibile di liquefazione	25.71	Molto alto
19	6.60	85.700	48.435	20.157	3.214	2.770	1.7	81.862	0.950	0.131	0.244	0.538	Terreno suscettibile di liquefazione	25.49	Molto alto

20	6.80	89.620	50.393	19.296	3.227	2.786	1.7	84.228	0.948	0.136	0.245	0.554	Terreno suscettibile di liquefazione	25.16	Molto alto
21	7.00	93.540	52.352	18.499	3.240	2.801	1.7	86.579	0.946	0.140	0.245	0.572	Terreno suscettibile di liquefazione	24.71	Molto alto
22	7.20	97.460	54.311	17.760	3.253	2.816	1.7	88.917	0.945	0.145	0.246	0.591	Terreno suscettibile di liquefazione	24.15	Molto alto
23	7.40	101.380	56.269	17.072	3.267	2.831	1.7	91.241	0.943	0.151	0.247	0.611	Terreno suscettibile di liquefazione	23.47	Molto alto
24	7.60	105.310	58.238	69.070	1.438	2.135	1.310378	105.082	0.942	0.188	0.247	0.761	Terreno suscettibile di liquefazione	14.74	Alto
25	7.80	109.250	60.217	67.926	1.439	2.141	1.288669	104.138	0.940	0.185	0.247	0.748	Terreno suscettibile di liquefazione	15.85	Molto alto

26	8.00	113.190	62.195	66.837	1.440	2.146	1.268004	103.243	0.939	0.182	0.248	0.736	Terreno suscettibile di liquefazione	16.92	Molto alto
27	8.20	117.130	64.174	65.798	1.441	2.152	1.248303	102.392	0.937	0.180	0.248	0.725	Terreno suscettibile di liquefazione	17.95	Molto alto
28	8.40	121.070	66.153	64.807	1.442	2.157	1.229493	101.582	0.936	0.177	0.248	0.714	Terreno suscettibile di liquefazione	18.95	Molto alto
29	8.60	125.010	68.131	63.859	1.443	2.162	1.211508	100.809	0.934	0.175	0.249	0.705	Terreno suscettibile di liquefazione	19.93	Molto alto
30	8.80	128.950	70.110	62.951	1.445	2.167	1.19429	100.072	0.933	0.173	0.249	0.696	Terreno suscettibile di liquefazione	20.87	Molto alto
31	9.00	132.890	72.089	62.081	1.446	2.172	1.177786	99.368	0.931	0.171	0.249	0.688	Terreno suscettibile di liquefazione	21.78	Molto alto

32	9.20	132.890	70.127	39.815	4.636	2.656	1.425975	153.793	0.928	0.418	0.255	1.639	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
33	9.40	132.890	68.166	40.960	4.636	2.647	1.467005	155.725	0.923	0.431	0.261	1.652	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
34	9.60	132.890	66.205	42.174	4.636	2.638	1.510465	157.746	0.918	0.445	0.267	1.665	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
35	9.80	132.890	64.243	43.461	4.636	2.629	1.556579	159.862	0.912	0.460	0.274	1.680	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
36	10.00	132.890	62.282	44.830	4.636	2.620	1.605597	162.081	0.907	0.476	0.281	1.695	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
37	10.20	132.890	60.321	46.288	4.636	2.610	1.657803	164.414	0.902	0.493	0.288	1.712	Terreno non susc	0	Molto basso

													ettibile di liquefazione		
38	10.40	132.890	58.359	47.843	4.636	2.600	1.7	165.553	0.896	0.502	0.296	1.695	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
39	10.60	132.890	56.398	250.923	1.860	1.834	1.331581	284.191	0.891	2.215	0.305	7.271	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
40	10.80	132.890	54.437	255.404	1.860	1.830	1.355357	288.374	0.886	2.310	0.314	7.366	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
41	11.00	132.890	52.475	260.133	1.860	1.825	1.380454	292.788	0.880	2.414	0.323	7.465	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
42	11.20	132.890	50.514	265.135	1.860	1.821	1.406998	297.453	0.875	2.528	0.334	7.569	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

43	11.40	132.890	48.553	270.437	1.860	1.816	1.435135	302.395	0.870	2.652	0.345	7.679	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
44	11.60	132.890	46.591	276.070	1.860	1.810	1.465031	307.641	0.864	2.788	0.358	7.795	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
45	11.80	132.890	44.630	282.071	1.860	1.805	1.496876	313.225	0.859	2.938	0.371	7.918	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
46	12.00	132.890	42.669	288.481	1.860	1.800	1.530892	319.184	0.854	3.104	0.386	8.049	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
47	12.20	132.890	40.707	295.349	1.860	1.794	1.567339	325.561	0.848	3.289	0.402	8.187	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
48	12.40	132.890	38.746	302.732	1.860	1.788	1.606518	332.408	0.843	3.496	0.419	8.335	Terreno non susc	0	Molto basso

													ettibile di liquefazione		
49	12.60	132.890	36.785	310.698	1.860	1.782	1.648791	339.784	0.838	3.728	0.439	8.493	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
50	12.80	132.890	34.823	319.328	1.860	1.775	1.694587	347.763	0.832	3.991	0.461	8.663	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
51	13.00	132.890	32.862	328.719	1.860	1.768	1.7	347.352	0.827	3.978	0.485	8.199	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
52	13.20	132.890	30.901	338.991	1.860	1.761	1.7	345.766	0.822	3.924	0.513	7.656	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
53	13.40	132.890	28.940	350.290	1.860	1.754	1.7	344.106	0.816	3.869	0.544	7.116	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

54	13.60	132.890	26.978	362.800	1.860	1.746	1.7	342.362	0.811	3.812	0.579	6.578	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
55	13.80	132.890	25.017	376.753	1.860	1.737	1.7	340.520	0.806	3.752	0.621	6.044	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
56	14.00	132.890	23.056	392.451	1.860	1.728	1.7	338.563	0.800	3.689	0.669	5.513	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
57	14.20	132.890	21.094	410.291	1.860	1.719	1.7	336.470	0.795	3.623	0.726	4.987	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
58	14.40	132.890	19.133	430.807	1.860	1.708	1.7	334.214	0.790	3.552	0.796	4.465	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
59	14.60	132.890	17.172	454.746	1.860	1.697	1.7	331.756	0.784	3.476	0.880	3.948	Terreno non susc	0	Molto basso

													ettibile di liquefazione		
60	14.80	132.890	15.210	483.176	1.860	1.684	1.7	329.047	0.779	3.393	0.987	3.437	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
61	15.00	132.890	13.249	517.707	1.860	1.670	1.7	326.014	0.774	3.302	1.126	2.934	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
62	15.20	136.830	15.228	0.000	0.000	0.000	1.7	0.000	0.768	0.050	1.001	0.050	Terreno suscettibile di liquefazione	89.53	Molto alto
63	15.40	140.770	17.206	0.000	0.000	0.000	1.7	0.000	0.763	0.050	0.905	0.055	Terreno suscettibile di liquefazione	89.48	Molto alto
64	15.60	144.710	19.185	0.000	0.000	0.000	1.7	0.000	0.757	0.050	0.829	0.060	Terreno suscettibile di liquefazione	89.42	Molto alto
65	15.80	148.650	21.164	0.000	0.000	0.000	1.7	0.000	0.752	0.050	0.766	0.065	Terreno	89.35	Molto alto

													suscettibile di liquefazione		
66	16.00	152.590	23.142	0.000	0.000	0.000	1.7	0.000	0.747	0.050	0.714	0.070	Terreno suscettibile di liquefazione	89.28	Molto alto
67	16.20	156.530	25.121	0.000	0.000	0.000	1.7	0.000	0.741	0.050	0.670	0.075	Terreno suscettibile di liquefazione	89.20	Molto alto
68	16.40	160.470	27.100	0.000	0.000	0.000	1.7	0.000	0.736	0.050	0.632	0.079	Terreno suscettibile di liquefazione	89.11	Molto alto
69	16.60	164.410	29.078	0.000	0.000	0.000	1.7	0.000	0.731	0.050	0.599	0.083	Terreno suscettibile di liquefazione	89.01	Molto alto
70	16.80	168.350	31.057	0.000	0.000	0.000	1.7	0.000	0.725	0.050	0.570	0.088	Terreno suscettibile di liquefazione	88.90	Molto alto
71	17.00	172.290	33.036	0.000	0.000	0.000	1.7	0.000	0.720	0.050	0.545	0.092	Terreno susc	88.78	Molto alto

													ettibile di liquefazione		
72	17.20	176.230	35.014	0.000	0.000	0.000	1.689965	0.000	0.715	0.050	0.522	0.096	Terreno suscettibile di liquefazione	88.65	Molto alto
73	17.40	180.170	36.993	0.000	0.000	0.000	1.644148	0.000	0.709	0.050	0.501	0.100	Terreno suscettibile di liquefazione	88.50	Molto alto
74	17.60	184.110	38.972	0.000	0.000	0.000	1.601865	0.000	0.704	0.050	0.483	0.104	Terreno suscettibile di liquefazione	88.35	Molto alto
75	17.80	188.050	40.950	0.000	0.000	0.000	1.562686	0.000	0.699	0.050	0.466	0.107	Terreno suscettibile di liquefazione	88.18	Molto alto
76	18.00	191.990	42.929	0.000	0.000	0.000	1.526248	0.000	0.693	0.050	0.450	0.111	Terreno suscettibile di liquefazione	88.00	Molto alto
77	18.20	195.930	44.908	0.000	0.000	0.000	1.492245	0.000	0.688	0.050	0.436	0.115	Terreno suscettibil	87.80	Molto alto

													e di liquefazione		
78	18.40	199.870	46.886	0.000	0.000	0.000	1.460418	0.000	0.683	0.050	0.422	0.118	Terreno suscettibile di liquefazione	87.59	Molto alto
79	18.60	203.810	48.865	0.000	0.000	0.000	1.430544	0.000	0.677	0.050	0.410	0.122	Terreno suscettibile di liquefazione	87.37	Molto alto
80	18.80	207.750	50.844	0.000	0.000	0.000	1.402432	0.000	0.672	0.050	0.398	0.126	Terreno suscettibile di liquefazione	87.13	Molto alto
81	19.00	211.690	52.822	0.000	0.000	0.000	1.375915	0.000	0.667	0.050	0.388	0.129	Terreno suscettibile di liquefazione	86.88	Molto alto
82	19.20	215.630	54.801	0.000	0.000	0.000	1.350846	0.000	0.661	0.050	0.378	0.132	Terreno suscettibile di liquefazione	86.62	Molto alto
83	19.40	219.570	56.780	0.000	0.000	0.000	1.327101	0.000	0.656	0.050	0.368	0.136	Terreno suscettibile di	86.34	Molto alto

													liquefazione		
84	19.60	223.510	58.758	0.000	0.000	0.000	1.304564	0.000	0.651	0.050	0.359	0.139	Terreno suscettibile di liquefazione	86.04	Molto alto
85	19.80	227.450	60.737	0.000	0.000	0.000	1.283139	0.000	0.645	0.050	0.351	0.143	Terreno suscettibile di liquefazione	85.73	Molto alto

IPL (Iwasaki)=25.06 Zcrit=20 m Rischio=Molto alto

12.1.3 SEED IDRISS

DATI GENERALI

Data 05/12/2023

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni, Circolare 2 febbraio 2009, n.617

Fattore sicurezza normativa 1.25

FALDA

Profondità falda idrica 2.8 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.26

Fattore amplificazione 0.26

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i<=15°

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.5

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.03

Distanza epicentro 8.75 Km

Peak ground acceleration (PGA) 0.39

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1		0	0.5	0	0	0	0	0	91.2	327.45
2		0.5	1	0	0	0	0	4478	94.63	327.45
3		1	2	0	0	0	0	4085	173.5	327.45
4		2	2.2	0	0	0	0	1863	183	327.45
5		2.2	2.6	18.7	19.6	0	0.01402	5001	98.06	327.45
6		2.6	7.5	18.7	19.6	6	0.01402	1062	31.38	157.4
7		7.5	9	19.4	19.7	21	0.15915	5271	74.28	206.3
8		9	10.5	0	0	0	0	2925	129.44	206.3
9		10.5	15	0	0	0	0	18844	348.12	285.25
10		15	30	19.4	19.7	17	0.01685	0	0	349.38

Seed H. B. Idriss I. M. (1985)

Energy Ratio (ER) 0.6

Diametro foro di sondaggio 100 mm

Tipo di campionatore standard

Strato Nr.	Frazione fine (%)	Validità
1-	0	Valido per sabbie pulite
2-	0	Valido per sabbie pulite
3-	0	Valido per sabbie pulite
4-	0	Valido per sabbie pulite
5-	0	Valido per sabbie pulite

6-	0	Valido per sabbie pulite
7-	0	Valido per sabbie pulite
8-	0	Valido per sabbie pulite
9-	0	Valido per sabbie pulite

Nr.	Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Correzione per la pressione litostatica efficace (CN)	(N1)60cs	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione
1	3.00	15.140	13.179	1.700	10.200	0.977	0.201	0.285	0.71	Terreno suscettibile di liquefazione
2	3.20	19.060	15.137	1.700	10.200	0.976	0.201	0.311	0.64	Terreno suscettibile di liquefazione
3	3.40	22.980	17.096	1.700	10.200	0.974	0.201	0.332	0.60	Terreno suscettibile di liquefazione
4	3.60	26.900	19.055	1.700	10.200	0.972	0.201	0.348	0.58	Terreno suscettibile di liquefazione
5	3.80	30.820	21.013	1.700	10.200	0.971	0.201	0.361	0.56	Terreno suscettibile di liquefazione
6	4.00	34.740	22.972	1.700	10.200	0.969	0.201	0.372	0.54	Terreno suscettibile di liquefazi

										one
7	4.20	38.660	24.931	1.700	10.200	0.968	0.201	0.380	0.53	Terreno suscettibile di liquefazione
8	4.40	42.580	26.889	1.700	10.200	0.966	0.201	0.388	0.52	Terreno suscettibile di liquefazione
9	4.60	46.500	28.848	1.700	10.200	0.965	0.201	0.394	0.51	Terreno suscettibile di liquefazione
10	4.80	50.420	30.807	1.700	10.200	0.963	0.201	0.400	0.50	Terreno suscettibile di liquefazione
11	5.00	54.340	32.765	1.700	10.200	0.962	0.201	0.404	0.50	Terreno suscettibile di liquefazione
12	5.20	58.260	34.724	1.697	10.182	0.960	0.200	0.408	0.49	Terreno suscettibile di liquefazione
13	5.40	62.180	36.683	1.651	9.907	0.959	0.196	0.412	0.48	Terreno suscettibile di liquefazione
14	5.60	66.100	38.641	1.609	9.652	0.957	0.192	0.415	0.46	Terreno suscettibile di liquefazione
15	5.80	70.020	40.600	1.569	9.416	0.956	0.189	0.418	0.45	Terreno suscettibile di liquefazione

16	6.00	73.940	42.559	1.533	9.197	0.954	0.185	0.420	0.44	Terreno suscettibile di liquefazione
17	6.20	77.860	44.517	1.499	8.993	0.953	0.182	0.422	0.43	Terreno suscettibile di liquefazione
18	6.40	81.780	46.476	1.467	8.801	0.951	0.179	0.424	0.42	Terreno suscettibile di liquefazione
19	6.60	85.700	48.435	1.437	8.621	0.950	0.177	0.426	0.42	Terreno suscettibile di liquefazione
20	6.80	89.620	50.393	1.409	8.452	0.948	0.174	0.427	0.41	Terreno suscettibile di liquefazione
21	7.00	93.540	52.352	1.382	8.292	0.946	0.172	0.429	0.40	Terreno suscettibile di liquefazione
22	7.20	97.460	54.311	1.357	8.142	0.945	0.170	0.430	0.39	Terreno suscettibile di liquefazione
23	7.40	101.380	56.269	1.333	7.999	0.943	0.168	0.431	0.39	Terreno suscettibile di liquefazione
24	7.60	105.310	58.238	1.310	27.518	0.942	0.618	0.432	1.43	Terreno non suscettibile di liquefazione

25	7.80	109.250	60.217	1.289	27.062	0.940	0.594	0.432	1.37	Terreno non suscettibile di liquefazione
26	8.00	113.190	62.195	1.268	26.628	0.939	0.574	0.433	1.32	Terreno non suscettibile di liquefazione
27	8.20	117.130	64.174	1.248	26.214	0.937	0.556	0.434	1.28	Terreno non suscettibile di liquefazione
28	8.40	121.070	66.153	1.229	25.819	0.936	0.540	0.434	1.24	Terreno suscettibile di liquefazione
29	8.60	125.010	68.131	1.212	25.442	0.934	0.526	0.435	1.21	Terreno suscettibile di liquefazione
30	8.80	128.950	70.110	1.194	25.080	0.933	0.513	0.435	1.18	Terreno suscettibile di liquefazione
31	9.00	132.890	72.089	1.178	24.734	0.931	0.501	0.435	1.15	Terreno suscettibile di liquefazione
32	9.20	132.890	70.127	1.194	0.000	0.935	0.086	0.449	0.19	Terreno suscettibile di liquefazione
33	9.40	132.890	68.166	1.211	0.000	0.930	0.086	0.459	0.19	Terreno suscettibile di

										liquefazione
34	9.60	132.890	66.205	1.229	0.000	0.924	0.086	0.470	0.18	Terreno suscettibile di liquefazione
35	9.80	132.890	64.243	1.248	0.000	0.919	0.086	0.482	0.18	Terreno suscettibile di liquefazione
36	10.00	132.890	62.282	1.267	0.000	0.914	0.086	0.494	0.17	Terreno suscettibile di liquefazione
37	10.20	132.890	60.321	1.288	0.000	0.909	0.086	0.508	0.17	Terreno suscettibile di liquefazione
38	10.40	132.890	58.359	1.309	0.000	0.904	0.086	0.522	0.16	Terreno suscettibile di liquefazione
39	10.60	132.890	56.398	1.332	0.000	0.898	0.086	0.537	0.16	Terreno suscettibile di liquefazione
40	10.80	132.890	54.437	1.355	0.000	0.893	0.086	0.553	0.16	Terreno suscettibile di liquefazione
41	11.00	132.890	52.475	1.380	0.000	0.888	0.086	0.570	0.15	Terreno suscettibile di liquefazione
42	11.20	132.890	50.514	1.407	0.000	0.883	0.086	0.589	0.15	Terreno suscettibile di liquefazi

										one
43	11.40	132.890	48.553	1.435	0.000	0.878	0.086	0.609	0.14	Terreno suscettibile di liquefazione
44	11.60	132.890	46.591	1.465	0.000	0.872	0.086	0.631	0.14	Terreno suscettibile di liquefazione
45	11.80	132.890	44.630	1.497	0.000	0.867	0.086	0.655	0.13	Terreno suscettibile di liquefazione
46	12.00	132.890	42.669	1.531	0.000	0.862	0.086	0.681	0.13	Terreno suscettibile di liquefazione
47	12.20	132.890	40.707	1.567	0.000	0.857	0.086	0.709	0.12	Terreno suscettibile di liquefazione
48	12.40	132.890	38.746	1.607	0.000	0.852	0.086	0.740	0.12	Terreno suscettibile di liquefazione
49	12.60	132.890	36.785	1.649	0.000	0.846	0.086	0.775	0.11	Terreno suscettibile di liquefazione
50	12.80	132.890	34.823	1.695	0.000	0.841	0.086	0.814	0.11	Terreno suscettibile di liquefazione
51	13.00	132.890	32.862	1.700	0.000	0.836	0.086	0.857	0.10	Terreno suscettibile di liquefazione

52	13.20	132.890	30.901	1.700	0.000	0.831	0.086	0.906	0.09	Terreno suscettibile di liquefazione
53	13.40	132.890	28.940	1.700	0.000	0.826	0.086	0.961	0.09	Terreno suscettibile di liquefazione
54	13.60	132.890	26.978	1.700	0.000	0.820	0.086	1.024	0.08	Terreno suscettibile di liquefazione
55	13.80	132.890	25.017	1.700	0.000	0.815	0.086	1.098	0.08	Terreno suscettibile di liquefazione
56	14.00	132.890	23.056	1.700	0.000	0.810	0.086	1.184	0.07	Terreno suscettibile di liquefazione
57	14.20	132.890	21.094	1.700	0.000	0.805	0.086	1.285	0.07	Terreno suscettibile di liquefazione
58	14.40	132.890	19.133	1.700	0.000	0.800	0.086	1.408	0.06	Terreno suscettibile di liquefazione
59	14.60	132.890	17.172	1.700	0.000	0.794	0.086	1.558	0.06	Terreno suscettibile di liquefazione
60	14.80	132.890	15.210	1.700	0.000	0.789	0.086	1.748	0.05	Terreno suscettibile di liquefazione

61	15.00	132.890	13.249	1.700	0.000	0.784	0.086	1.993	0.04	Terreno suscettibile di liquefazione
62	15.20	136.830	15.228	1.700	28.900	0.779	0.709	1.774	0.40	Terreno suscettibile di liquefazione
63	15.40	140.770	17.206	1.700	28.900	0.774	0.709	1.604	0.44	Terreno suscettibile di liquefazione
64	15.60	144.710	19.185	1.700	28.900	0.768	0.709	1.469	0.48	Terreno suscettibile di liquefazione
65	15.80	148.650	21.164	1.700	28.900	0.763	0.709	1.359	0.52	Terreno suscettibile di liquefazione
66	16.00	152.590	23.142	1.700	28.900	0.758	0.709	1.267	0.56	Terreno suscettibile di liquefazione
67	16.20	156.530	25.121	1.700	28.900	0.753	0.709	1.189	0.60	Terreno suscettibile di liquefazione
68	16.40	160.470	27.100	1.700	28.900	0.748	0.709	1.122	0.63	Terreno suscettibile di liquefazione
69	16.60	164.410	29.078	1.700	28.900	0.742	0.709	1.064	0.67	Terreno suscettibile di liquefazione

70	16.80	168.350	31.057	1.700	28.900	0.737	0.709	1.013	0.70	Terreno suscettibile di liquefazione
71	17.00	172.290	33.036	1.700	28.900	0.732	0.709	0.968	0.73	Terreno suscettibile di liquefazione
72	17.20	176.230	35.014	1.690	28.729	0.727	0.695	0.927	0.75	Terreno suscettibile di liquefazione
73	17.40	180.170	36.993	1.644	27.951	0.722	0.643	0.891	0.72	Terreno suscettibile di liquefazione
74	17.60	184.110	38.972	1.602	27.232	0.716	0.603	0.858	0.70	Terreno suscettibile di liquefazione
75	17.80	188.050	40.950	1.563	26.566	0.711	0.571	0.828	0.69	Terreno suscettibile di liquefazione
76	18.00	191.990	42.929	1.526	25.946	0.706	0.545	0.800	0.68	Terreno suscettibile di liquefazione
77	18.20	195.930	44.908	1.492	25.368	0.701	0.523	0.775	0.67	Terreno suscettibile di liquefazione
78	18.40	199.870	46.886	1.460	24.827	0.696	0.504	0.752	0.67	Terreno suscettibile di liquefazione

79	18.60	203.810	48.865	1.431	24.319	0.690	0.488	0.730	0.67	Terreno suscettibile di liquefazione
80	18.80	207.750	50.844	1.402	23.841	0.685	0.473	0.710	0.67	Terreno suscettibile di liquefazione
81	19.00	211.690	52.822	1.376	23.391	0.680	0.460	0.691	0.67	Terreno suscettibile di liquefazione
82	19.20	215.630	54.801	1.351	22.964	0.675	0.448	0.673	0.67	Terreno suscettibile di liquefazione
83	19.40	219.570	56.780	1.327	22.561	0.670	0.437	0.656	0.67	Terreno suscettibile di liquefazione
84	19.60	223.510	58.758	1.305	22.178	0.664	0.427	0.641	0.67	Terreno suscettibile di liquefazione
85	19.80	227.450	60.737	1.283	21.813	0.659	0.418	0.626	0.67	Terreno suscettibile di liquefazione

Correzione per ER (CE) 1

Correzione diametro foro (CB) 1

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.75

IPL (Iwasaki)=39.93 Zcrit=20 m Rischio=Molto alto

Corato, dicembre 2023

Geol. Gianluigi Mazzilli Geol. Pierluigi Arbore